



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 9/2021

# Tornionjoen nousulohien kaikuluotauseurannat vuosina 2009–2020

Konsta Isometsä, Panu Orell, Atso Romakkaniemi,  
Ville Vähä ja Juha Lilja

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 9/2021

# **Tornionjoen nousulohien kaikuluotause seurannat vuosina 2009–2020**

Konsta Isometsä, Panu Orell, Atso Romakkaniemi, Ville Vähä ja Juha Lilja

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2021

## **Viittausohje:**

Isometsä, K., Orell, P., Romakkaniemi, A., Vähä, V. & Lilja, J. 2021. Tornionjoen nousulohien kaikuluotausseurannat vuosina 2009–2020. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 9/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 32 s.

Konsta Isometsä, ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0001-9301-322X>



ISBN 978-952-380-157-8 (Painettu)

ISBN 978-952-380-158-5 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-158-5>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Konsta Isometsä, Panu Orell, Atso Romakkaniemi, Ville Vähä ja Juha Lilja

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2021

Julkaisuvuosi: 2021

Kannen kuva: Konsta Isometsä

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

## Tiivistelmä

Konsta Isometsä, Panu Orell, Atso Romakkaniemi, Ville Vähä ja Juha Lilja

Luonnonvarakeskus, Paavo Havaksen tie 3, 90570 Oulun yliopisto

Tornionjoella lohien kutunousua on seurattu kaikuluotaamalla vuodesta 2009 alkaen. Luotauspaikka sijaitsee Kattilakoskella, noin 100 km jokisuusta ylävirtaan. Se on jokisuusta lähtien ensimmäinen kaikuluotaukseen hyvin soveltuva alue. Joen molemmille puolille asennetuilla kaikuluotaimilla saadaan vuosittain tuotettua luotettava arvio joenkohdan ohi nousevien lohien määrästä kaikuluotainkeilojen kattamalla alueella. Kaikuluotaus aloitetaan toukokuun ensimmäisten viikkojen aikana, joen jää- ja tulvatilanteen niin salliessa. Ensimmäiset lohet havaitaan kaikuluotaimissa tyypillisesti toukokuun puoleen väliin mennessä. Vilkkaimmillaan lohien nousu on kesäkuun kahdella viimeisellä viikolla.

Kahdentoista vuoden seurantajakson (2009–2020) aikana nousulohien määrät kaikuluotauspaikalla ovat vaihdelleet 17 200–100 200 lohiksi välillä. Vähiten lohia nousi seurannan alkuvuosina 2009–2011 ja eniten vuosina 2014 ja 2016. Vuosittainen lohien nousuhuippu vaihteli kesäkuun 18 päivästä heinäkuun 6 päivään. Varhaisin nousuhuippu havaittiin lohennousun ennätysvuonna 2016, ja myöhäisin nousuhuippu vuonna 2009.

Tornionjokeen nousevista lohista suurin osa on useamman merivuoden lohia. Yhden merivuoden lohien osuus on vaihdellut kahdentoista vuoden tarkastelujakson aikana 7–24 % välillä. Yhden merivuoden lohien osuus ei korreloi lohien kokonaismäärän kanssa.

Tornionjoen lohien kaikuluotauslaskenta on osoittautunut hyväksi lohikantojen tilan seuranta-menetelmäksi, joka tuottaa käytännössä sovelluskelpoista tietoa vesistön lohikantojen hoidon suunnittelun ja kalastuksen järjestämisen tueksi. Kaikuluotausseurantaan tullaan jatkamaan tulevinakin vuosina pyrkien samalla automatisoimaan laskentaa tulosten tuottamisen nopeuttamiseksi.

**Asiasanat:** Tornionjoki, Itämeren lohi, Nousulohiseuranta, Kaikuluotaus, Adaptive Imaging Sonar, ARIS, Dual-frequency Identification Sonar, DIDSON

## Abstract

Konsta Isometsä, Panu Orell, Atso Romakkaniemi, Ville Vähä and Juha Lilja

Luonnonvarakeskus, Paavo Havaksen tie 3, 90570 Oulun yliopisto

Natural Resources Institute Finland has monitored Atlantic salmon spawning runs by sonar techniques in the River Tornio since 2009. Monitoring site is located in Kattilakoski area, approximately 100 kilometers upstream from the sea. Kattilakoski is the first suitable location for sonar monitoring in the River Tornio. Two sonar units installed on both sides of the river provide a reliable estimate of the spawning run size. Monitoring starts on the first weeks of May, depending on ice and flood conditions. First salmon are usually observed in mid-May and the peak run is typically occurring during the last two weeks of June.

During the twelve years monitoring period (2009–2020) numbers of salmon have varied between 17 200–100 200 individuals. The least amount of salmon were observed in the first years of the monitoring in 2009–2011 while the highest peaks occurred in 2014 and in 2016. The annual peak of spawning run has varied between June 18<sup>th</sup> to July 6<sup>th</sup>. The earliest peak was observed in the record-breaking year 2016 and the latest peak in 2009.

Multi-sea-winter salmon (MSW) dominate the spawning run and only a small fraction of salmon are one-sea-winter (1SW) fish. During the monitoring period 1SW salmon proportion has varied between 7–24%. The numbers of 1SW salmon does not correlate with the total count.

Sonar monitoring has proven to be an excellent tool in counting salmon in the River Tornio, providing reliable estimates of salmon population sizes that can be used in the management of the salmon resource. Natural Resources Institute Finland will continue the sonar monitoring in upcoming years, while also strive to automate the monitoring process.

**Keywords:** River Tornio, Atlantic Salmon, Salmon spawning runs, Sonar monitoring, Adaptive Imaging Sonar, ARIS, Dual-frequency Identification Sonar, DIDSON

# Sisällys

<b>1. Johdanto</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Tornionjoen nousulohien kaikuluotauseuranta</b> .....	<b>7</b>
2.1. Tornionjoen seurantapaikka.....	7
2.2. Laitteistot.....	9
2.2.1. DIDSON.....	10
2.2.2. ARIS Explorer 1200.....	11
2.3. Seuranta-asetelma.....	12
2.4. Kaikuluotausaineiston analysointi.....	12
2.4.1. DIDSON-aineiston analysointi.....	12
2.4.2. ARIS-aineiston analysointi.....	13
2.5. Lohien kokonaismäärän arviointi.....	14
<b>3. Tulokset</b> .....	<b>16</b>
3.1. Nousulohimäärät ja lohien kokojakaumat.....	16
3.2. Lohien kutunousun ajoittuminen .....	17
3.3. Nousulohien vuorokausirytmä.....	18
3.4. Vedenkorkeuden vaikutus lohien nousuetäisyyteen .....	20
<b>4. Tulosten tarkastelu</b> .....	<b>22</b>
4.1. Nousulohimäärät ja lohien kokojakaumat.....	22
4.2. Lohen kutunousun ajoittuminen.....	23
4.3. Nousulohien vuorokausirytmä.....	23
4.4. Vedenkorkeuden vaikutus nousulohien uintietäisyyteen.....	23
4.5. Kaikuluotaimien soveltuvuus nousulohiseurantaan.....	24
<b>Viitteet</b> .....	<b>26</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>28</b>

# 1. Johdanto

Tornionjoki on läntisen Euroopan suurin vapaana virtaava joki, jossa on luontaisesti lisääntyvä lohikanta. Se on yksi tärkeimmistä Atlantin lohien lisääntymisjoista ja tuottaa nykyisin noin kolmanneksen kaikista Itämeren lohista. Viime vuosisadalla merikalastus kasvoi liian voimakkaaksi, ja lähes kaikki Tornionjoen lohet kalastettiin merellä. Tämä johti Tornionjoen ja muiden Itämeren lohikantojen pienentymiseen sukupuuton partaalle. Merikalastuksen vähenemisen myötä kudulle on selviytynyt yhä runsaampia lohimääriä, mikä on johtanut poikastuotannon voimakkaaseen kasvuun. Myös kudulle nousevien lohien keski-ikä ja -koko ovat kasvaneet, sekä useampaan kertaan kudulla käyvien lohien osuus on lisääntynyt.

Tornionjoen elpynyt lohikanta tuottaa vuosittain 40 000–60 000 lohien saaliin, joista pääosa yhä kalastetaan Itämerellä. Jokisaalis on vuosittain 10 000–20 000 yksilöä. Kudulle selviytyy vuosittain 50 000–100 000 lohta.

Tornionjoen lohet käyvät merivaelluksellaan Itämeren eteläisimmillä vesillä. Sukukypsiksi tulossa olevat lohet lähtevät keväisin vaellukselle kotijokeensa Itämeren pohjoisia rannikkoja seuraillen. Tornionjoen vesistöissä kaikkein pisimmälle nousevat lohet uivat jokea ylävirtaan yli 500 kilometriä. Kaikkiaan kutuvaellukselle kertyy matkaa jopa 1 500 km, mikä on pisin Itämeren lohilla esiintyvä kutuvaellus.

Tornionjoella lohien kutunousua on seurattu kaikuluotaamalla vuodesta 2009 alkaen. Kaikuluotaus ei aiheuta kaloille haittaa tai muutenkaan vaikuta kalojen vaelluksiin. Tässä raportissa esitellään kaikuluotausseurannan keskeisiä tuloksia vuosilta 2009–2020. Kaikuluotausseurannan avulla saadaan ajantasaista ja arvokasta tietoa vesistön lohikannan tilasta ja kehityksestä. Seurannassa tuotettua tietoa hyödynnetään pyrittäessä säilyttämään ja vahvistamaan Tornionjoen lohikannan elinvoimaisuutta.

## 2. Tornionjoen nousulohien kaikuluotauseuranta

Kaikuluotaututkimuksen kannalta tutkimuspaikalla on oleellinen merkitys luotaimien tuottamalle kuvanlaadulle, luotainten kattavuudelle ja tulosten luotettavuudelle (Maxwell 2007).

Kaikuluotaukseen soveltuvan tutkimuspaikan tulisi täyttää seuraavat kriteerit:

- Sijaitseminen mahdollisimman alhaalla vesistössä, jonka nousukaloja halutaan tutkia.
- Mahdollisimman kapea kohta joesta. Mitä kapeampi uoma on, sitä lähemmäksi luotainyksiköt voidaan sijoittaa ja sitä laadukkaampaa luotausainestoa nousukaloista voidaan tuottaa.
- Pohjanmuodoiltaan tasaisesti syvenevä pohja. Isot syvänteet ja kuopat aiheuttavat aineistoon katveita, joista kaikuluotain ei voi havaita kaloja. Myös isot kivet ja lohkarieet peittävät kaikukeilojen kulkemisen vedessä ja näin peittävät luotaimen näkökenttää.
- Suhteellisen tasainen virtaus. Pintavirtaukset ja ilmakuplat tuottavat kuvaan häiriötä, mikä haittaa aineiston analysointia.
- Luotauksen on oltava mahdollista kaikilla vedenkorkeuksilla.

### 2.1. Tornionjoen seurantapaikka

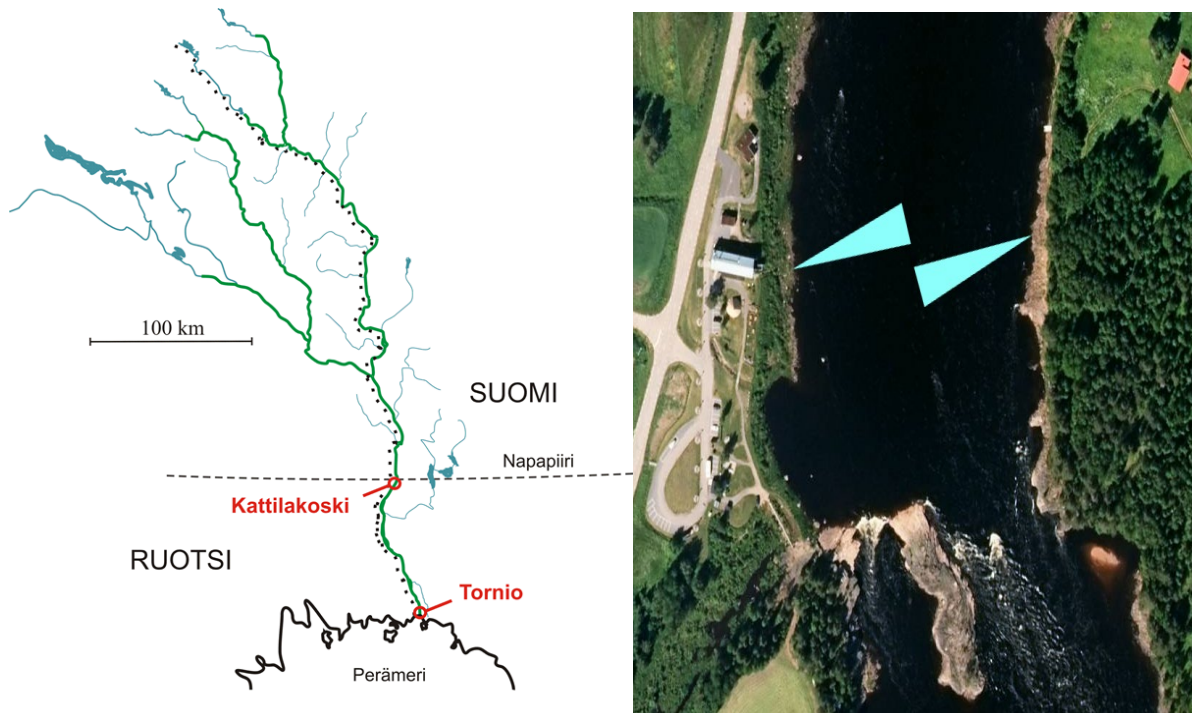
Nousulohien kaikuluotautusta testattiin Tornionjoella kesällä 2008 kahdessa eri paikassa, joiden valinta perustui joen koko alajuoksun kattaviin karttatarkasteluihin ja maastotiedusteluihin. Ensimmäinen luotauspaikka sijaitsi Tornion kaupungin kohdalla, noin viisi kilometriä jokisuusta. Tornion luotauspaikka huomattiin nopeasti soveltuvan huonosti kaikuluotauksen toteutukseen, sillä vain pieni osa nousevista lohista pystyttiin luotaimilla havaitsemaan. Kuukauden testauksen jälkeen luotaimet siirrettiin noin 100 kilometriä ylävirtaan Pellon Kattilakoskelle (Kuva 1).

Napapiirillä sijaitseva Kattilakoski osoittautui olosuhteiltaan parhaimmaksi paikaksi vuosittain toistuvien kaikuluotauseurantojen tekemiselle. Lähempää jokisuuta ei tällaista paikkaa löydetty (Lilja ym. 2010). Kattilakosken pohjanmuodot soveltuvat hyvin kaikuluotauksen suorittamiseen. Joen pohja syvenee tasaisesti keskiuomaa kohden, eikä pohjassa ei ole merkittäviä esteitä peittämässä luotaimen näkyvyyttä. Luotainten sijoituspaikalla voimakkaan kosken niskalla on lisäksi vähän edestakaista kalojen uintiliikettä tai paikalleen jääviä kaloja, jotka voisivat sekoittaa laskentaa.

Kattilakosken kohdalla joen leveys on noin 180 metriä. Kahdella luotainyksiköllä pystytään saavuttamaan maksimissaan 160 metrin kattama. Jokiuomaa voidaan myös jonkin verran kaventaa luotainten viereen asennettavilla ohjaisaidoilla, jolloin lähes koko jokiuoma saadaan luotaimilla katettua.

Jokiuoman keskellä on kuitenkin noin 20 metrin levyinen syvin uoma, jonne luotaimet eivät pysty näkemään. Tätä ns. syväuomaa seurattiin vuosina 2010–2012 kolmannella luotaimella. Kolmas luotain oli kiinnitettynä rantaluotainten väliin ankkuroituun veneeseen. Keskiuoman luotauksen perusteella siellä on alustavasti arvioitu kulkevan vuosittain ylävirtaan ainoastaan muutama prosentti lohista (Vähä ym. 2013).





**Kuva 1.** Kattilakosken seuranta- ja luotaintapaikka sijaitsee noin 100 kilometriä jokisuusta ylävirtaan. Lohien nousualue on merkitty karttakuvaan vihreällä värillä. Luotaimia asennetaan yksi molemmille puolin jokea. Kahdella luotaimella yhteiskattamaksi saadaan 160 metriä leveä jokialue. Kaikuluotainten keulojen kattama alue on havainnollistettu ilmakuvassa. Kuva: Eniro.se.

**Figure 1.** The monitoring site in Kattilakoski is located approximately 100 kilometers upwards from the sea. Adult salmon migration area is marked with green in the map. In Kattilakoski two sonar units are installed, one on each side of the river. With two sonars the maximum total coverage is 160 meters. Sonar coverage areas (turquoise triangles) are displayed in the satellite photo. Picture: Eniro.se

Kaikuluotaimet ovat kiinnitettynä rakennustelineistä valmistettuihin helposti vedessä siirrettäviiin telineisiin. Telineiden jaloissa on korkeudensäätö, joiden avulla luotaimet voidaan asettaa suoraan epätasaisella joenpohjalla. Telineissä luotaimen kulmaa ja suuntausta sekä korkeutta voidaan säätää.

Luotainten taakse jäävälle vesiosuudelle rakennetaan ohjausaidat estämään lohien nouseminen luotainten ja rannan välistä (Kuva 2). Kaikuluotaimet sijoitetaan 1–3 metriä ohjausaidoista ylävirran puolelle. Ohjausaitoja rakennetaan kesän aikana sitä mukaa, mitä veden korkeus laskee ja kaikuluotaimia joudutaan siirtämään rannasta ulospäin. Ohjausaidat koostuvat vierekkäin olevista muoviputkista, jotka nousevat pystyyn, kun ne joutuvat veden alle. Aidat ankkuroidaan joen pohjaan.

Kattilakosken Suomen puoleinen ranta on jyrkästi syvenevää sileää kalliota, jossa virtaus on voimakas, tämä vaikeuttaa kaikuluotaimen asennusta. Luotaimen vakaa ja tukeva asennus on ensiarvoisen tärkeää, jotta saadaan tuotettua hyvälaatuisia luotausaineistoja ja luotain pysyy pystyssä virtauksen vaihdeltaessa. Ruotsin puolella ranta on loivaa kivikkoa ja veden virtaus on huomattavasti hitaampaa. Ruotsin puolen luotaimen asennus on helpompaa ja se saadaan tuottamaan hyvälaatuisia luotausaineistoja vaivattomammin kuin Suomen puolen luotain.

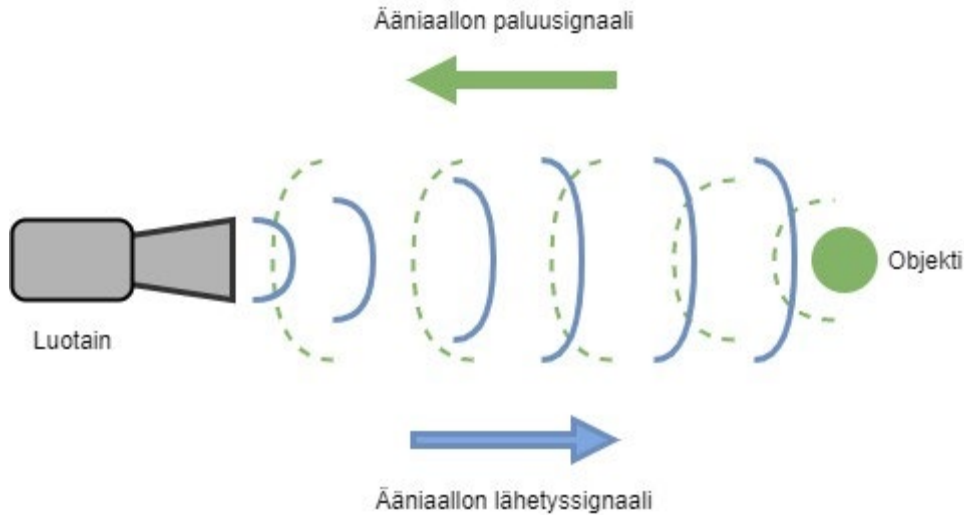


**Kuva 2.** Luotaimien ja rannan välille rakennetaan ohjausaidat. Aidat ohjaavat kalat uimaan luotaimen edestä. Vasemmalla on kuva Suomen puolen luotauspaikalta ja oikealla Ruotsin puolen luotauspaikalta. Kuvat: Konsta Isometsä.

**Figure 2.** Guiding fences built between the shores and sonars directs salmon to swim in front of the sonars. Photo in the left is from the Finnish side of the river photo on the right is from the Swedish side. Photos: Konsta Isometsä.

## 2.2. Laitteistot

Tornionjoen kaikuluotaukset aloitettiin vuonna 2009 DIDSON-luotaimilla (Dual-frequency IDentification SONar). DIDSON-luotaimet vaihdettiin uudemman tekniikan omaaviin ARIS-luotaimiin (Adaptive Imaging Sonar) vuonna 2019. Kummankin luotaimen toiminta perustuu ultraääniälypulsseiden lähetykseen. Ääniaallot kulkevat vedessä noin 2000 kertaa pidemmälle kuin esimerkiksi valo. Jos ääniaallon lähetyssignaali kohtaa vedessä objektin, aiheuttaa se paluusignaalin eli kaiun (Kuva 3). Luotaimen tuottama kuvanlaatu on myös sitä parempi, mitä lyhempää etäisyyttä luodetaan (Burwen ym. 2010).



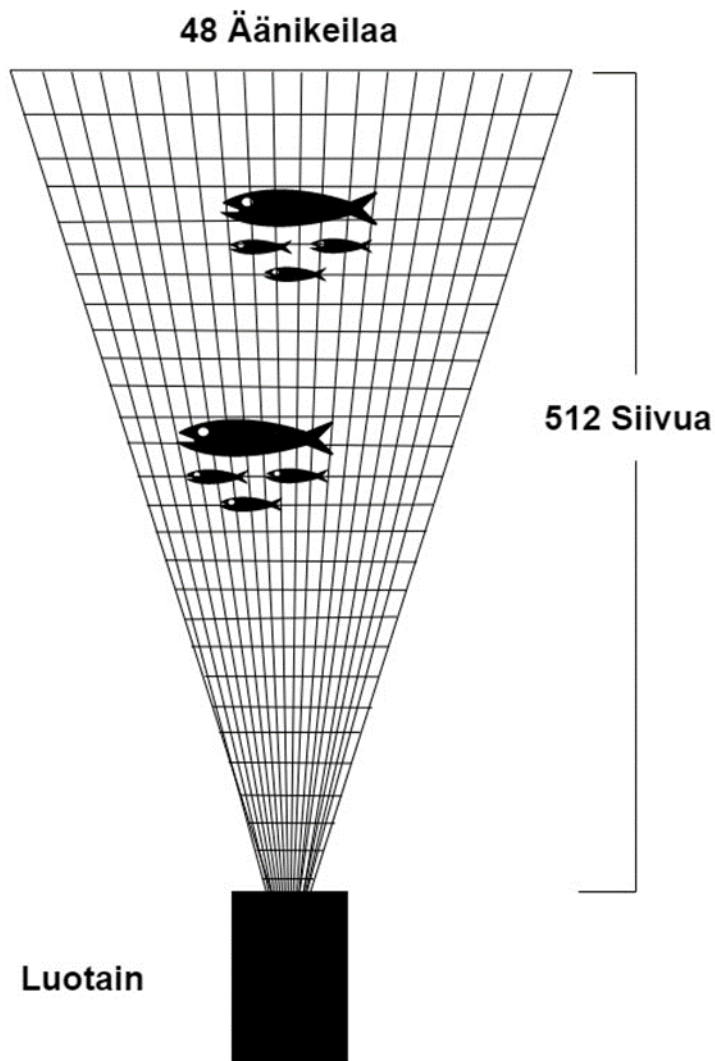
**Kuva 3.** Kaikuluotaimen toimintaperiaate. Luotaimen lähettämä ääniaalto kohtaa objektin vedessä. Objekti aiheuttaa paluusignaalin, eli kaiun. Paluusignaalin perusteella objektista voidaan muodostaa kuva luotaimen näytölle.

**Figure 3.** Operation principle of sonar. Sonar sends a sound wave that encounter object in the water. Object causes return sound wave(echo). From the echoes sonar can form a picture to a pc screen.

### 2.2.1. DIDSON

DIDSON (Dual-frequency Identification Sonar) kaikuluotainta voidaan käyttää kahdella taajuudella, matala taajuus (LF) tai korkea taajuus (HF). Käytettäessä luotainta korkealla taajuudella (HF = 1200 kHz) saadaan tuotettua laadukkainta dataa, mutta tällöin voidaan luodata maksimissaan 20 metriin saakka. Luotain voidaan asettaa aloittamaan 13 metristä, jolloin voidaan luodata 33 metriin saakka. Käytettäessä matalaa taajuutta (LF = 700 kHz) voidaan luodata aina 80 metriin saakka. Luotain lähettää 48 rinnakkaista äänikeilaa 700kHz taajuudella. Jokainen yksittäinen keila on jaettu 512 siivuun. Luotain muodostama kuva syntyy 48x512 intensiteettimatriisista (Kuva 4). Matriisin avulla kalan tarkka paikka saadaan mitattua analysointiohjelmalla.

Luotaimen näkökenttää voidaan säätää päälinsillä ja keskitinlinsillä. Didson-luotaimissa käytettiin päälinsinä korkean resoluution linssiä ja keskitinlinsiksi vakioitui 8°:een keskitinlinssi. Tornionjoen asetuksilla luotaimen avautumiskulmaksi muodostuu horisontaalinen 14° ja vertikaalinen 8°.



**Kuva 4.** Kalojen tarkka sijainti luotaimen näkökentässä voidaan määrittää äänikeilojen ja siivujen avulla.

**Figure 4.** The sonar field of view consists of 48 beams that are divided into 512 slices. The exact spot of the fish can be determined from this field of view grid.

### 2.2.2. ARIS Explorer 1200

ARIS (Adaptive Resolution Imaging Sonar) kaikuluotain on DIDSON-luotaimen pohjalta kehitetty seuraavan sukupolven kaikuluotain. ARIS-luotain tuottaa vedenalaista videokuvaa suuremmalla resoluutiolla, kuin edeltäjänsä. Luotainta voidaan käyttää kahdella taajuudella 700 Khz tai 1200 Khz. Korkealla taajuudella saadaan tuotettua laadultaan parasta luotausmateriaalia, mutta tällöin pystytään luotaamaan ainoastaan 30 metriä. Matalalla taajuudella pystytään luotaamaan aina 80 metriin saakka, mutta kuvan resoluutio on selvästi heikompaa.

Tornionjoella ARIS-luotaimissa päälinssinä on käytössä telefotolinssit ja keskitinlinssinä käytetään DIDSON-luotaimilla hyväksi havaittua 8° linssiä. ARIS-luotaimien avautumiskulmaksi muodostuu horisontaalinen 15° ja vertikaalinen 8°.

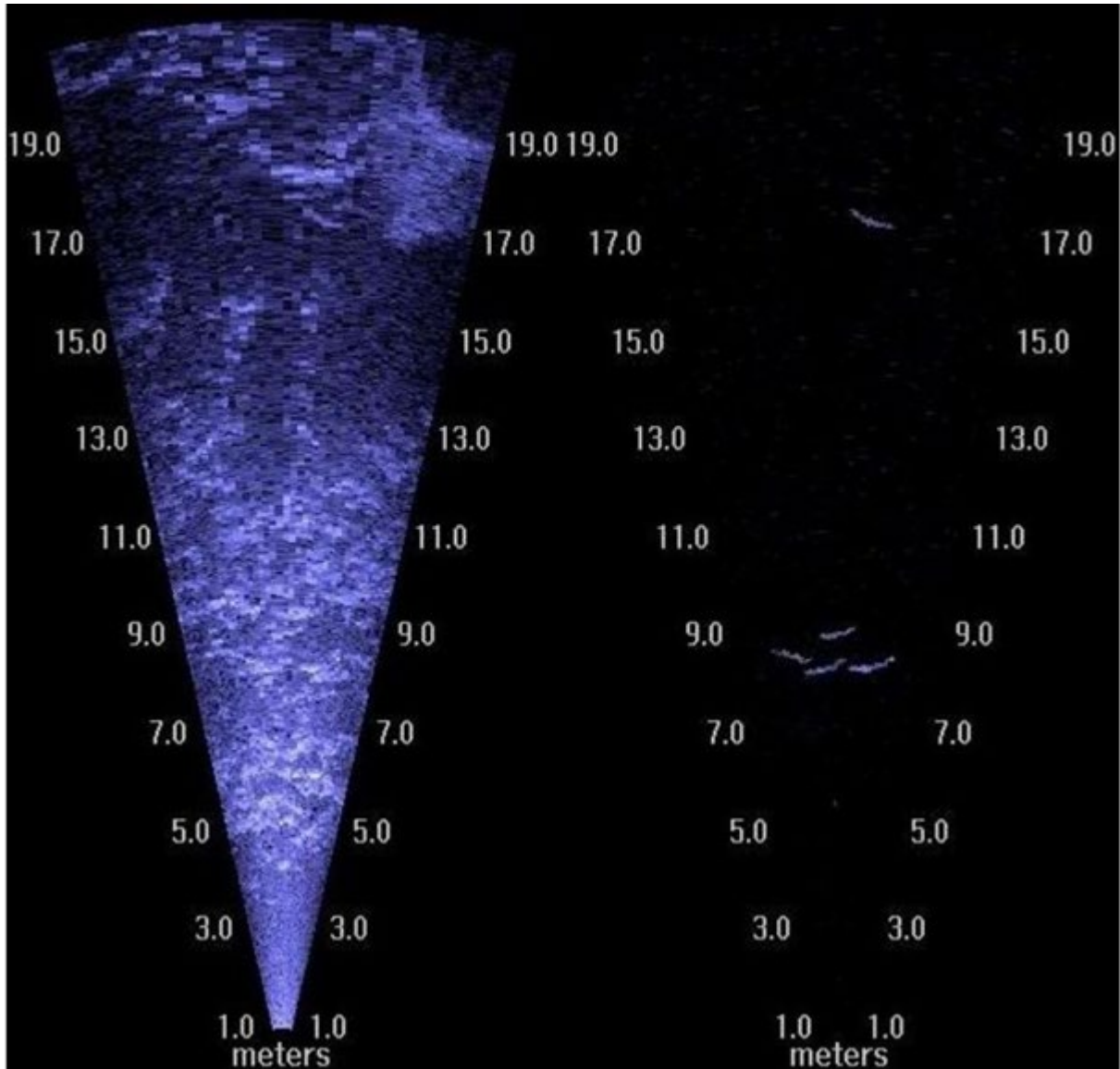
## 2.3. Seuranta-asetelma

Kaikuluotauseuranta aloitetaan Tornionjoella toukokuussa jää- ja tulvatilanteen niin salliessa ja lopetetaan syyskuun puoleen väliin mennessä. Aineistoa kerätään kahdella luotaimella (yksi molemmilla puolin jokea) vuorokauden ympäri. Kahdella luotaimella saadaan yhteiskattamaksi parhaimmillaan 160 metriä. Koska luotaimen tuottaman kuvan resoluutio heikentyy käytettäessä pitkiä ikkunapituuksia ja koska suuri enemmistö kalahavainnoista saadaan normaaliolosuhteissa 5–40 metrin etäisyydellä luotaimesta, on nähty parhaaksi käyttää pitkiä ikkunapituuksia ainoastaan osan aikaa. Tämä toteutetaan siten, että ajastetaan Torniojoen luotaimet käyttämään pitkää 80 metrin ikkunaa vain 10 minuuttia jokaisesta tunnista ja parempilaatuista 40 metrin ikkunaa 50 minuuttia jokaisesta tunnista. Kalamäärien laskennassa jokainen 80 metrin ikkunalla yli 40 metriä luotaimesta havaittava kala kerrotaan kuudella, koska aineistoa kerätään vain 1/6 osa tunnista.

## 2.4. Kaikuluotausaineiston analysointi

### 2.4.1. DIDSON-aineiston analysointi

DIDSON-aineiston analysointiin käytetään luotaimen valmistajan kehittämää ohjelmaa. Ohjelmalla videomateriaalista voidaan poistaa kaikki liikkumattomat kaiut (taustanpoisto). Taustanpoisto helpottaa myös kalojen havaitsemista videosta (Kuva 5). Analysointi-ohjelmalla luotaimen tuottamaa videokuvaa voidaan kelata eteen- ja taaksepäin, sekä pysäyttää kalan mittaukseksi. Kalojen havaitseminen tapahtuu liikkuvasta videomateriaalista ja se on käsittelijän silmille erittäin raskasta. Liikkuvan kaikuluotausaineiston analysointi useita tunteja päivässä on uuvuttavaa ja vaatii käyttäjältä herkeämätöntä keskittymiskykyä. DIDSON-aineiston analysoinnin luotettavuus on täten osaltaan riippuvainen analysoijan vireystilasta.



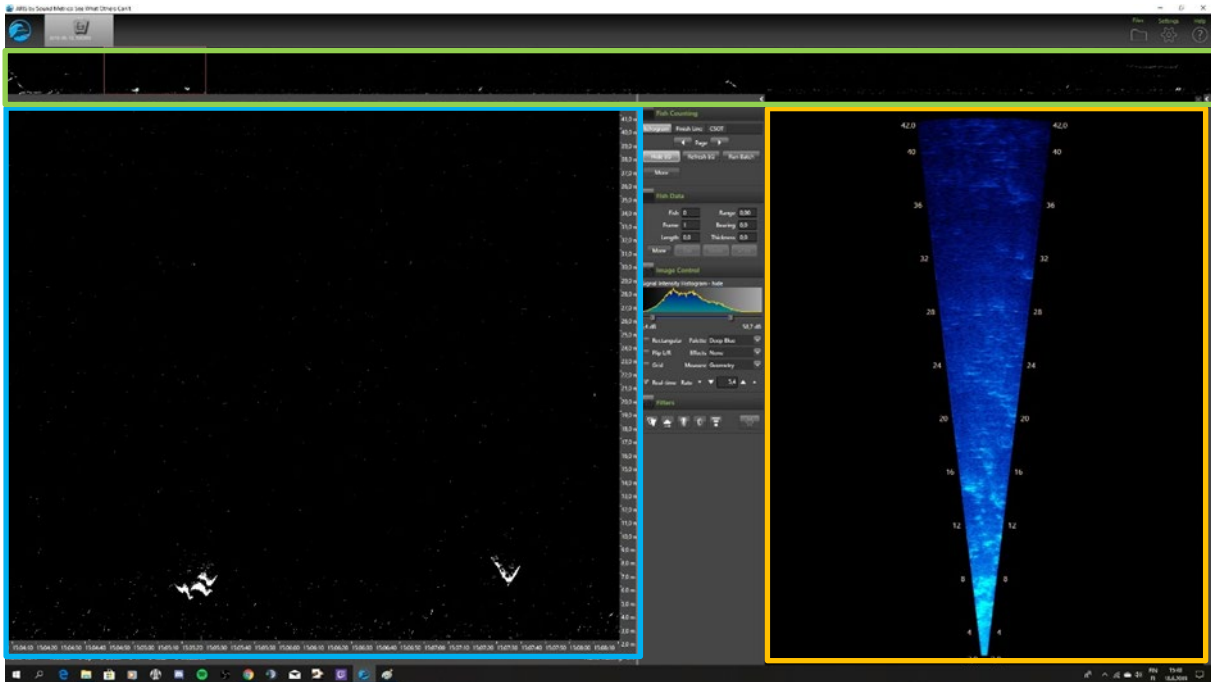
**Kuva 5.** DIDSON-luotaimen tuottamaa materiaalia. Vasemmalla luotaimen keilakuva ilman taustanpoistoa. Oikealla saman keilakuvan taustanpoisto on aktivoitu ja kalojen erottaminen pohjan kaiuista helpottuu huomattavasti.

**Figure 5.** Images provided by a DIDSON-sonar. On the left is the sonars field of view without background subtraction. On the right background subtraction is activated and fish are easier to observe.

#### 2.4.2. ARIS-aineiston analysointi

ARIS-aineiston analysointi tapahtuu luotaimen valmistajan kehittämällä analysointiohjelmalla (ARIS-Fish). Merkittävin parannus ohjelmassa on, että aineistoa voidaan tarkastella videokuvan ohella myös liikkumattomasta ns. echogrammista (Kuva 6). Echogrammiin piirtyy näkyviin kaikki luotaimen keilassa liikkuvien objektien liike etäisyyden ja ajan funktiona. Kalojen ensimmäinen havaitseminen tapahtuu echogrammista. Kalojen havaitseminen echogrammista on nopeampaa ja aineistonkäsittelijän kannalta miellyttävämpää, koska kaloja ei tarvitse etsiä ih-

missilmällä suoraan raakavideomateriaalista. Echogrammista valitut kalat mitataan ja tallennetaan kalahavainnoiksi luotaimen keilakuvaikkunasta hyvin samalla tavoin kuin DIDSONin keilakuvaikkunasta.



**Kuva 6.** ARIS-luotaimen tuottama aineisto avattuna käsittelyohjelmassa. ARIS-aineisto avautuu analysointiohjelmassa kolmeen eri ikkunaan. Ylhäällä olevassa ikkunassa on koko käsittelyjakson kaikujen tiivistelmä (vihreä suorakaide). Vasemmalla on kolmen minuutin jakso echogrammista (sininen suorakaide). Oikealla olevassa ikkunassa on luotaimen todellinen keilakuva (oranssi suorakaide). Keilakuva esittää luotaimen näkymää joella.

**Figure 6.** Data produced by an ARIS-sonar is divided into three separated windows. On the top of the screen is the summary echogram of the whole file (green rectangle). On the left is a three minute period of the echogram (blue rectangle). On the right (orange rectangle) is the presentation of the actual sonar image.

## 2.5. Lohien kokonaismäärän arviointi

Kaikuluotaimen tuottamasta videosta voidaan kalojen pituus mitata senttimetrien tarkkuudella. Kaikki luotainkeilan ohittavat pituudeltaan 45 cm ja sitä pidemmät kalat mitataan. Tornionjokeen nousee seurantajakson aikana merestä lohia, meritaimenia ja vaellussiikoja. Lohien tunnistaminen muista kalalajeista perustuu pituusmittaukseen yhdessä havaintoajankohdan kanssa. Lohiksi ja meritaimeniksi lasketaan kaikuluotaushavainnot alla esitettävällä tavalla:

- Usean merivuoden lohi (15.5.–15.6.): pituus yli 72,5 cm
- Usean merivuoden lohi (16.6. ->): pituus yli 67,5 cm
- Meritaimen (15.5.–15.6.): pituus 47,5–72,5 cm
- Meritaimen (16.6. – kesä–heinäkuun vaihde): pituus 47,5 cm – 67,5 cm
- Yhden merivuoden lohi (kesä–heinäkuun vaihde ->): pituus 47,5 cm – 67,5 cm

Luotauksen aloituksesta kesäkuun puoliväliin saakka lohen alamitta on siis 72,5 cm. Kesäkuun puolivälistä kesä–heinäkuun vaihteeseen saakka lohen alamitta on 67,5 cm. Kesä–heinäkuun

vaihteessa jokeen alkaa nousemaan yhden merivuoden lohia (ns. kosseja). Yhden merivuoden lohi on tyypillisesti 50–65 cm pituinen. Yhden merivuoden lohien ja meritaimien kuu- luvat samaan kokoluokkaan, mutta niiden nousu tapahtuu pääosin eri aikaan. Yhden merivuo- den lohien ja meritaimien rajapäivämäärä määritetään vuosittain kaikuluotaustuloksista ja asetetaan ajankohtaan, mistä lähtien tämän kokoluokan kalamäärät lähtevät selkeään ja voi- makkaaseen kasvuun indikoiden kossivaelluksen alkua.

On hyvä huomata, että meritaimeniksi luokitelluissa kaloissa voi olla muitakin lajeja, vaikkakin niiden lukumäärän uskotaan olevan kaikuluotauspaikalla vähäisiä. Alkusyöksyllä kaikuluotauk- sessa havaitaan pienehköjä määriä aktiivisesti ylävirtaan nousevia kaloja, joiden arvioidaan käyttäytymisen ja kokojakauman perusteella olevan vaellussiikoja. Näiden kalojen tunnistami- nen tapahtuu sekä käyttäytymisen että koon pohjalta tapauskohtaisesti (lajien tunnistuksesta lisää luvussa 4.5).

Luotaimien pakolliset huoltotoimenpiteet aiheuttavat lyhyitä n. 10 min – 1 h mittaisia katkoksia. Satunnaisesti saattaa esiintyä pidempiäkin katkoksia esimerkiksi sähkökatkosten takia. Katkok- sien aikana luotaimien ohi vaeltava kalamäärä arvioidaan alla esitettävällä tavalla:

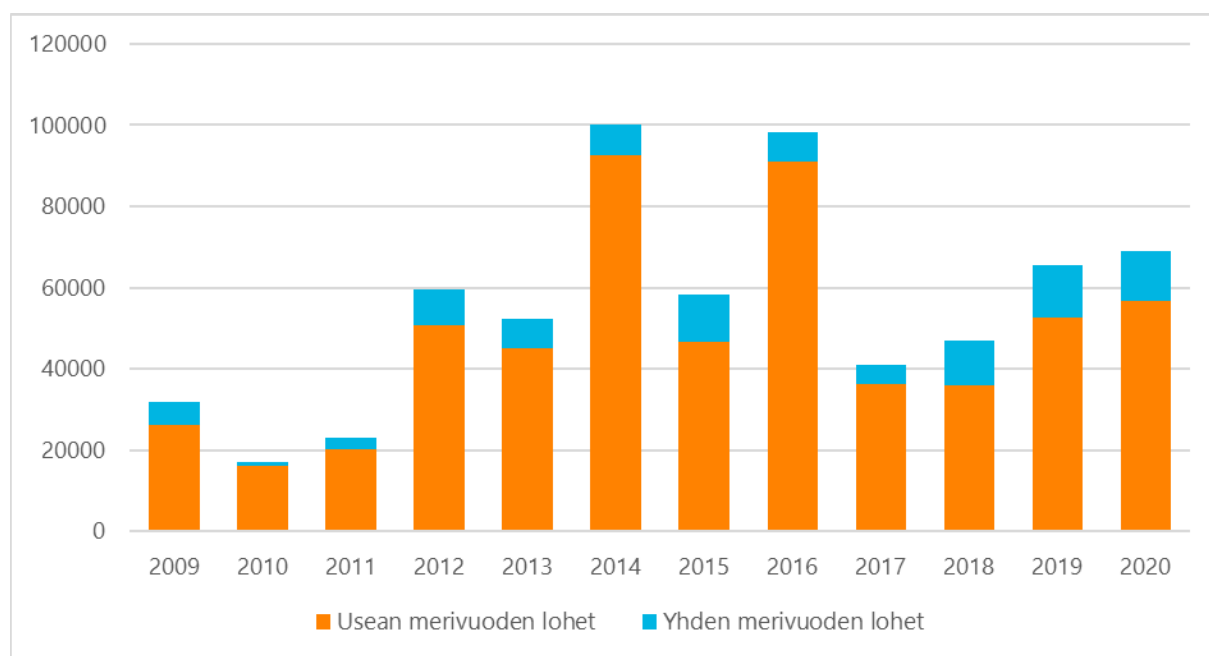
- Mikäli luotain on poissa toiminnasta alle 60 minuuttia, saadaan ko. tunnin kalamäärä laskemalla havaittujen kalojen lukumäärä minuutissa (kalaa/min) ja kertomalla tämä 60:llä.
- Mikäli luotain on poissa toiminnasta kokonaisen tunnin, paikataan puuttuvan tunnin kalamäärä edeltävän ja seuraavan tunnin kalamäärien keskiarvolla.
- Mikäli luotain on poissa toiminnasta useamman tunnin (<24 h), paikataan puuttuvan tunnin kalamäärä edeltävän ja seuraavan päivän vastaavien tuntien kalamäärien keskiarvolla.
- Mikäli luotain on poissa toiminnasta yli vuorokauden, paikataan puuttuvan tunnin kalamäärä edeltävän ja seuraavan päivän vastaavien tuntien kalamäärien keskiarvoilla.



## 3. Tulokset

### 3.1. Nousulohimäärät ja lohien kokojakaumat

Kahdentoista vuoden seurantajakson aikana luotauspaikan ohi uineiden nousulohien määrät ovat vaihdelleet 17 200–100 200 yksilön välillä (Kuva 7, Taulukko 1). Vähiten lohia nousi seurannan alkuvuosina 2009–2011 ja eniten vuosina 2014 ja 2016 (Kuva 7). Nousulohimäärissä on suurta vuosittaista vaihtelua. Esimerkiksi ennätysvuonna 2014 jokeen nousi pelkästään yhden vuorokauden aikana 9500 lohta, mikä on yli puolet koko kauden 2010 nousijamäärästä (Kuva 8).



**Kuva 7.** Tornionjoen kaikuluotausseurannassa havaitut vuosittaiset nousulohien määrät jaoteltuna yhden ja usean merivuoden lohiin vuosina 2009–2020.

**Figure 7.** Spawning run size estimates in the River Tornio, divided into multi-sea-winter (orange) and one-sea-winter (blue) salmon in 2009–2020.

Huomioitavaa on, että kaikuluotausseurannalla saadaan laskettua vain luotaimet ohittaneet lohet, jotka uivat luotainkeilojen alueella. Lohien kokonaismäärän arvioimiseksi tulee ottaa huomioon myös Kattilakosken alapuolelle kudulle jäävät lohet ja Kattilakosken alapuolella kalastetut lohet. Saalistilastojen, sähkökalastustulosten ja poikastuotantoalueiden pohjalta on arvioitu, että näitä lohia on ollut vuodesta riippuen noin 3000–15 000 (Palm ym. 2020). Kattilakosken alapuolelle jäävien lohien lisäksi laskematta jäävät ne lohet, jotka uivat kaikuluotauspaikan ohien noin 20 metriä leveään syimmän väylän katvealueella (ks. luvut 2.1 ja 4.1).

Tornionjokeen nousevista lohista suurin osa on useamman merivuoden ikäisiä lohia (Kuva 7). Yhden merivuoden lohien osuus on vaihdellut kahdentoista vuoden tarkastelujakson aikana 7 % – 24 % välillä (Taulukko 1).

**Taulukko 1.** Kaikuluotaus seurannalla havaitut meritaimenet sekä yhden ja usean merivuoden ikäiset lohet.

**Table 1.** Estimated numbers on sea trout, one-sea-winter and multi-sea-winter salmon in the River Tornio sonar monitoring in 2009–2020.

Vuosi	Meritaimen	Yhden merivuoden lohet	Usean merivuoden lohet	Lohimäärä yhteensä
2009	-	5 417 (17 %)	26 362 (83 %)	31 779
2010	643	1 182 (7 %)	16 039 (93 %)	17 221
2011	643	2 770 (12 %)	20 305 (88 %)	23 075
2012	408	8 765 (15 %)	50 841 (85 %)	59 606
2013	947	7 027 (13 %)	45 241 (87 %)	52 268
2014	860	7 680 (8 %)	92 530 (92 %)	100 210
2015	542	11 697 (20 %)	46 659 (80 %)	58 356
2016	1 559	7 201 (7 %)	91 107 (93 %)	98 308
2017	212	4 543 (11 %)	36 409 (89 %)	40 952
2018	648	11 162 (24 %)	35 866 (76 %)	47 028
2019	872	12 782 (20 %)	52 738 (80 %)	65 520
2020	491	12 433 (18 %)	56 716 (82 %)	69 149

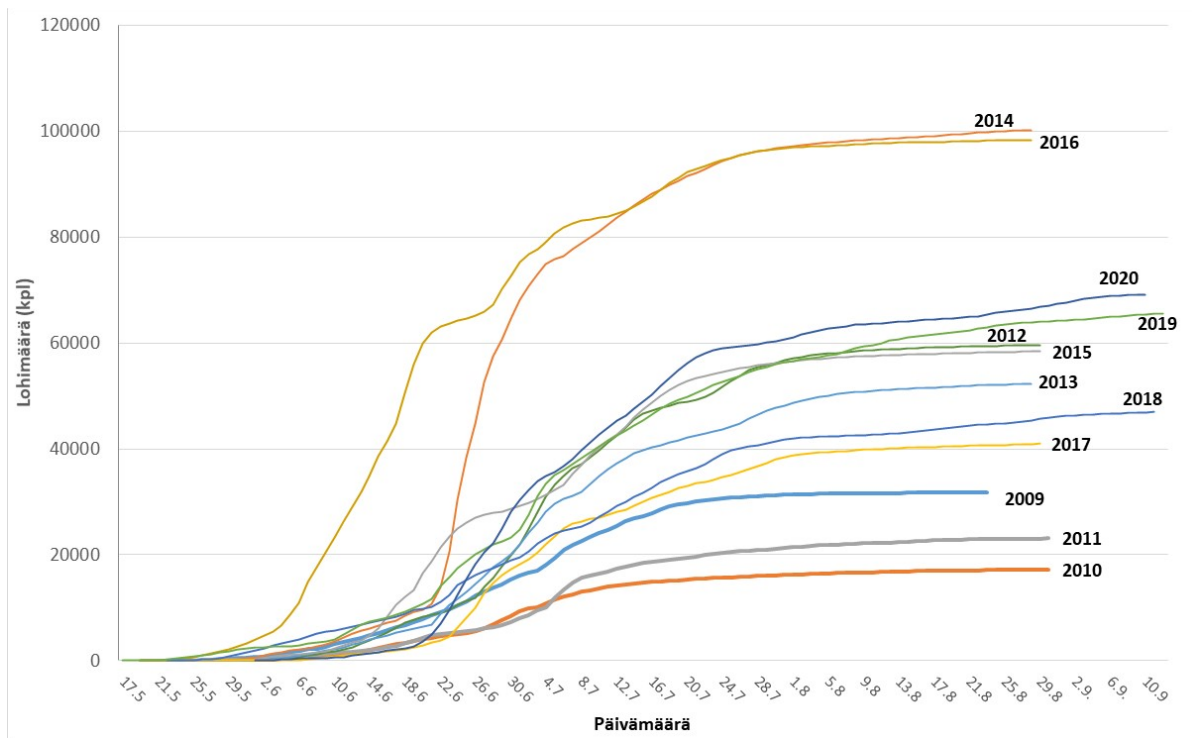
### 3.2. Lohien kutunousun ajoittuminen

Lohien kutunousu alkaa Kattilakoskella toukokuun puolen välin jälkeen. Puolet nousulohista on ohittanut Kattilakosken luotaimet heinäkuun alkuun mennessä. Aikaisimmat nousuvuodet havaittiin ennätysvuosina 2014 ja 2016 (Taulukko 2, Kuva 8).

**Taulukko 2.** Lohien kutunousun ajallinen jakautuminen ja seurantajakson pituus.

**Table 2.** Annual timing of the salmon spawning runs, and timing of the sonar monitoring periods in 2009–2020. Monitoring periods, first salmon passing sonars, 50% of the total count has passed sonars and the peak date of the spawning run.

Vuosi	Seuranta-jakso	Ensimmäinen lohi ohittanut luotaimen	50 % lohista ohittanut luotaimen	Seurannan nousu-huippu
2009	22.5–30.8	22.5.	1.7.	6.7.
2010	24.5–30.8	28.5.	2.7.	1.7.
2011	19.5–30.8	19.5.	5.7.	5.7.
2012	24.5–29.8	25.5.	4.7.	3.7.
2013	23.5–29.8	24.5.	4.7.	2.7.
2014	26.5–29.8	27.5.	27.6.	24.6.
2015	20.5–29.8	22.5.	1.7.	20.6.
2016	19.5–28.8	19.5.	18.6.	18.6.
2017	23.5–29.8	1.6.	4.7.	27.6.
2018	22.5–11.9	23.5.	5.7.	24.6.
2019	17.5–12.9	17.5.	4.7.	3.7.
2020	17.5–10.9	1.6.	4.7.	30.6.

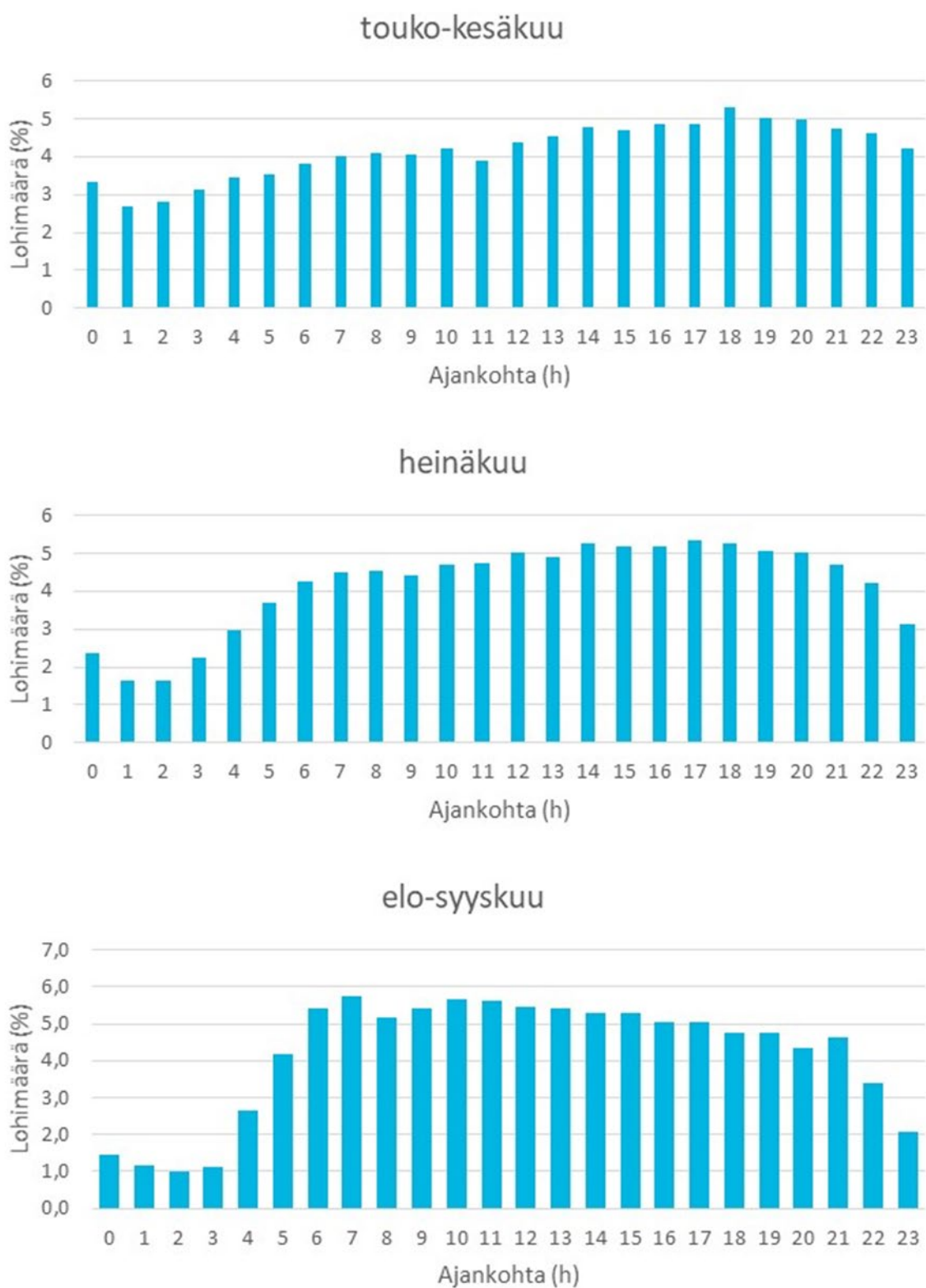


**Kuva 8.** Lohen nousun runsaimpina vuosina 2014 ja 2016 nousuhuippu saavutettiin noin kaksi viikkoa aiemmin kuin lohen nousun heikoimpina vuosina.

**Figure 8.** Cumulative timing of the salmon spawning runs in the River Tornio in 2009-2020.

### 3.3. Nousulohien vuorokausirytmä

Lohia nousee Kattilakosken luotaimien ohitse vuorokauden kaikkina tunteina. Vähiten lohia kuitenkin nousee puolen yön jälkeisinä tunteina. Yön ja päivän ero nousuaktiivisuudessa korostuu erityisesti elo-syyskuussa, kun yöt ovat jo pimeitä.

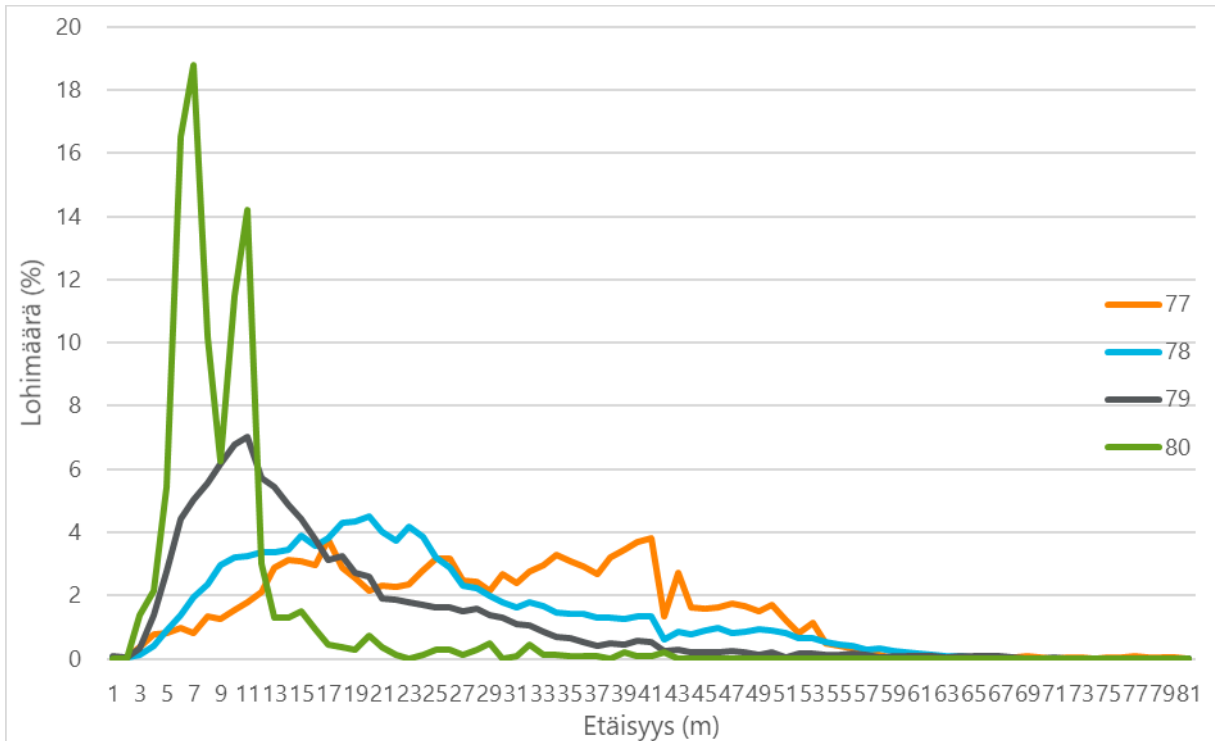


**Kuva 9.** Lohien nousun (%) ajoittuminen tunneittain Kattilakosken luotauspaikalla kolmena eri aikajaksona (kesäkuu, heinäkuu ja elo-syyskuu) vuosina 2009–2020.

**Figure 9.** Hourly salmon counts (%) during three different time periods (June, July and August-September) in 2009–2020.

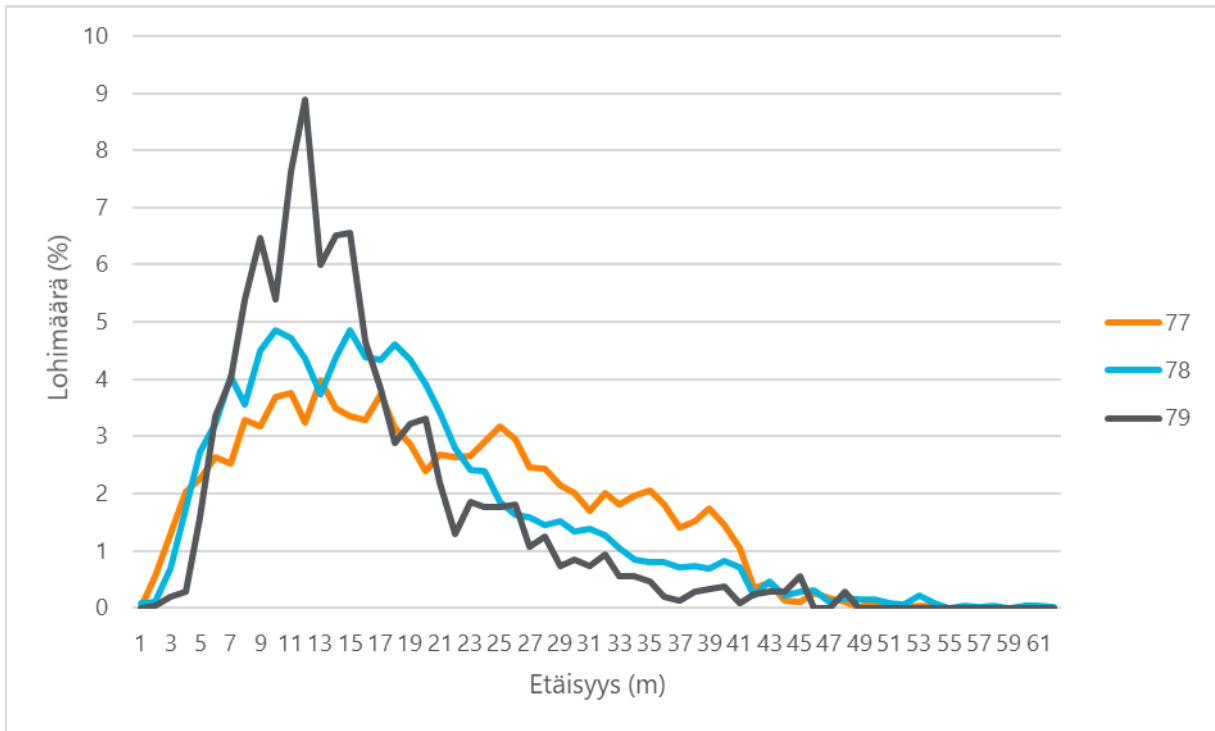
### 3.4. Vedenkorkeuden vaikutus lohien nousuetäisyyteen

Vedenkorkeuden vaikutusta tarkasteltiin erikseen usean merivuoden lohilla ja yhden merivuoden lohilla. Tornionjoen vedenkorkeus vaihtelee, Kattilakosken seuranta-alueella kesän aikana 80–77 metrin välillä (N60 korkeusjärjestelmä). Vedenkorkeudella on merkittävä vaikutus kalojen uintietäisyyden suhteessa kaikuluotaimiin (Kuvat 10 ja 11). Korkealla vedellä lohet uivat lähellä rantaa ja vedenkorkeuden laskiessa lohet sijoittuvat tasaisemmin joen poikkileikkaukselle.



**Kuva 10.** Usean merivuoden lohien (% osuus) uintietäisyyden suhteen kaikuluotaimiin eri vedenkorkeuksilla vuosina 2009–2020. Tornionjoen vedenkorkeus on tulva-aikana 79–80 metrin tasolla. Loppukesästä vesi laskee 77 metrin tasolle.

**Figure 10.** Multi-sea-winter salmon (%-distribution) swimming distances from the sonars in relation to different water levels. In the River Tornio flood water level is 79–80 meters. At late summer water level decreases to 77 meter level.



**Kuva 11.** Yhden merivuoden lohien (% osuus) uintietäisyyden suhteen kaikuluotaimiin eri vedenkorkeuksilla vuosina 2009–2020. Tornionjoen vedenkorkeus on tulva-aikana 79–80 metrin tasolla. Loppukesästä vesi laskee 77 metrin tasolle.

**Figure 11.** One-sea-winter salmon (%-distribution) swimming distances from the sonars in relation to different water levels.

## 4. Tulosten tarkastelu

### 4.1. Nousulohimäärät ja lohien kokojakaumat

Nykyisin Tornionjoen lohikanta on ylivoimaisesti runsain Itämeren lohikannoista (ICES 2020, Palm ym. 2020), mitä käsitystä myös kaikuluotauksessa havaitut runsaat lohimäärät tukevat. Esimerkiksi Itämeren toiseksi suurimmaksi arvioidun Kalix-joen lohikannan nousulohiseuranassa (kalaportaassa sijaitseva laskuri) havaitaan vuosittain suuruusluokkaa 10 000 lohta. Myös Atlantin merkittävimpiin ja tuottoisimpiin lohijokiin kuuluvalla Tenajoella jäädään uusien tietojen perusteella selvästi Tornionjokea vähäisempiin lohimääriin (Panu Orell, suullinen tiedonanto).

Lohikantojen runsauden arviointi pelkästään nousulohien seuranta-aineistoista ei kuitenkaan ole kovin vertailukelpoinen menetelmä, ellei oteta huomioon sitä, että seurannoissa havaitaan joesta riippuen hyvin vaihteleva osuus merestä jokeen nousevista lohista. Tähän osuuteen vaikuttavat monet tekijät, kuten se kuinka lähellä jokisuuta seurantalaitteisto sijaitsee, missä lohien lisääntymisalueet sijaitsevat suhteessa seurantalaitteistoon ja onko seurantalaitteisto sijoitettu vaellusesteen yhteyteen (jolloin kaikki ylävirtaan pyrkivät lohet eivät yleensä onnistu ohittamaan vaellusestettä).

Tornionjoen nousulohimäärissä on kaikuluotaustulosten perusteella suurta vuosittaista vaihtelua. Lohimäärät moninkertaistuvat 2010-luvun alusta vuosikymmenen puoliväliin asti, jonka jälkeen määrät ovat olleet noin 50–70 prosenttia huippuvuosien noin 100 000 lohen määrästä. Tämä yleinen kehitys seurantavuosien aikana on samankaltainen kuin muillakin Pohjanlahden joilla, missä nousulohimääriä seurataan (Palm ym. 2020). Pohjanlahden lohikannat ovat elpyneet merikalastuksen vähentyessä ja tämä kehityskulku käynnistyi jo 1990-luvulla (Romakka-niemi ym. 2003, ICES 2020).

Myös peräkkäisten vuosien välillä on suuria, jopa yli kaksinkertaisia eroja havaituissa lohimäärissä. Vuosienvälinen vaihtelu selittyy vain osaksi edellä mainituilla muutoksilla merikalastuksessa. Lohen vuosiluokkien runsaudenvaihtelu epäilemättä selittää ilmiötä lisää, mutta koska sekä poikasten merelle vaellusikä että mereltä kudulle paluun ikä vaihtelevat paljon lohityksilöiden välillä, vuosiluokkien runsauden vaihtelun ei myöskään pitäisi aiheuttaa havaitun suuruus- ja ikämuutoksia. Todennäköistä onkin, että ilmiöön vaikuttavat myös ympäristötekijöiden vaihtelu merellä ja joessa. Meriveden kevättalvisen lämpötilan vaihtelun on havaittu selittävän kutuvaelluksen voimakkuusvaihteluita Pohjanlahden lohikannoilla (ICES 2012). Näyttää myös siltä, että eri vuosina Tornionjoen seurantapaikan ohittaa varsin vaihteleva osuus kaikista merestä jokeen nousevista lohista, riippuen joen kesäisistä olosuhteista ja/tai nousulohien terveys- tilanteesta (Palm ym. 2020). Lopuksi on vielä huomattava, että kaikuluotauspaikalla joen syvin keskiuoma ei ole kokonaisuudessaan luotaimilla katettavissa: varsinkin matalavetisinä kesinä keskiuomassa saattaa vaeltaa huomattavia lohimääriä ilman että ne tulevat havaituiksi.

Kaikuluotausaineistoissa yhden merivuoden lohet eli ns. kossit erottuvat muista lohista varsin selkeästi kossien kokoluokkaa olevien kalamäärien selkeänä ja nopeana runsastumisena kesäheinäkuun vaihteesta lähtien (Liite 2). Mielenkiintoista on, että Tornionjoen saalistilastoissa kosseja alkaa esiintyä merkittävästi vasta heinäkuun loppupuolelta lähtien, vaikka kaikuluotauksen mukaan kosseja on joessa jo 2–3 viikkoa aiemmin. Tornionjoen saalisnäytteissä kosseja on yleensä hieman pienempi osuus kuin kaikuluotausaineistossa (Palm ym. 2020). Tämä ero saattaa johtua esimerkiksi siitä, että kossit ovat niiden myöhemmän jokeen vaelluksen takia jokikalastuksen kohteena selvästi lyhyemmän ajan kuin vanhemmat lohet.

## 4.2. Lohen kutunousun ajoittuminen

Lohien kutunousu alkaa Kattilakoskella toukokuun puolen välin jälkeen ja puolet nousulohista ovat ohittaneet Kattilakosken luotaimet heinäkuun alkuun mennessä. Lohen radiotelemetriatutkimuksen tähänastisten tulosten mukaan lohet uivat Tornionjokisuulta Kattilakoskelle keskimäärin 11 päivässä (Huusko ym. 2020). Tämän perusteella ensimmäiset Tornionjoen lohet ilmaantuvat Tornionjokisuulle keskimäärin jo toukokuun toisella viikolla ja puolet lohista on vaeltanut jokisuulta jokeen juhannukseen mennessä.

Lohen nousun runsaimpina vuosina 2014 ja 2016 puolen välin lohimäärä saavutettiin noin kaksi viikkoa aiemmin, kuin lohen nousun heikoimpina vuosina. Havainnot tukevat aiempaa oletusta siitä, että aikainen kutuvaellus merkitsee suurempaa kutuvaellukselle tulevien yksilöiden määrää (Karlsson & Karlström, 1994).

Kesänaikaiset äkilliset vedenkorkeuden muutokset joessa näyttävät väliaikaisesti pienentävän päivittäisiä nousulohimääriä. Luotauspaikan alapuolinen Kattilakoski on yläosaltaan jyrkkä ja voimakasvirtainen. Lohet saattavat odottaa kosken alapuolella vedenkorkeuden kääntymistä laskuun, jolloin virran voimakkuuden heikettyä kosken päälle nouseminen vaatii lohelta vähemmän energiaa. On huomattava, että kaikuluotaustulokset kertovat kalojen vaelluksesta vain yhden joenkohdan ohi. Näin ollen tuloksista ei esimerkiksi pysty päättelemään, vähentääkö korkeaa jokivesi lohien vaellusta suvantoalueiden läpi.

## 4.3. Nousulohien vuorokausirytmii

Kattilakoskella touko-kesäkuussa riittää auringon valoa ympäri vuorokauden. Valoisien öiden seurauksena myös lohet ovat aktiivisia vuorokauden ympäri (Erkinaro ym. 1999; Lilja & Romakaniemi, 2003).

Heinäkuussa lohet liikkuvat suhteellisen tasaisesti koko vuorokauden ajan. Vähäisintä liike on kuitenkin illan ja yön aikana ja vilkkainta keski- ja iltapäivällä.

Elo-syyskuussa lohien liike aamuyön pimeinä tunteina (23–05) selvästi heikkenee. Loppukesästä lohet näyttävät aktivoituvan auringon noustessa ja vilkkainta liikettä havaitaan vuorokauden aamun tunteina (5–7) (Kuva 9). Loppukesän liikehännän lisäys voi olla seurausta kutuajan lähestymisestä, jolloin lohien on todettu hakeutuvan lähemmäksi varsinaisia kutupaikkoja (Okland ym. 2001).

## 4.4. Vedenkorkeuden vaikutus nousulohien uintietäisyyteen

Korkeilla vedenkorkeuksilla lohet vaeltavat ylävirtaan selvästi lähempänä rantaa, missä joen virtauksen voima on heikompi. Veden laskiessa virran voima heikkenee ja lohet uivat jo selvästi kauempaa luotaimesta. Loppukesän matalalla vedenkorkeudella lohet käyttävät lähes koko joen uomaa (Kuvat 10 ja 11).

Tulvavedessä, eli yli 79 metrin vedenkorkeudella lohien keskimääräinen uintietäisyys kaikuluotaimesta oli 15,89 metriä. Matalalla 77 metrin kesävedellä lohien keskimääräinen uintietäisyys luotaimesta oli 27,1 metriä.

Uintietäisyydestä kertovien aineistojen osalta on tärkeää huomata, että kaikuluotainkeilat eivät yletä joen pohjaan asti noin 20 metrin levyisellä alueella syvintä keskiuomaa. Keskiuomassa virtaus on voimakasta ja oletettavasti lohet pyrkivät uimaan mahdollisimman lähellä pohjaa



säästääkseen energiankulutustaan. Näin ollen on suuri mahdollisuus siihen, että lohet pysyttelevät keskiuomassa kaikuluotauskeilojen katvealueessa eivätkä näy luotausaineistoissa.

#### 4.5. Kaikuluotaimien soveltuvuus nousulohiseurantaan

Kaikuluotauksen yhtenä haasteena on lajintunnistus. Luotain tuottaa samanlaisen kaiun samankokoisista kaloista, vaikka ne olisivat eri lajeja. Tällaisia tilanteita syntyy Tornionjoella jonkin verran alkukaudella, jolloin jokeen nousee meritaimenia, mutta erityisesti loppukaudesta, jolloin jokeen nousee yhden merivuoden lohia sekä siikoja. Tornionjoella on vielä muitakin kalalajeja (hauki, made, säyne), joista löytyy lohien kokoluokkaa olevia yksilöitä. Näitä varsin paikallisia ja etupäässä suvannoissa elävien kalalajien yksilöitä kuitenkin esiintyy oletettavasti hyvin vähän Kattilakosken niskan voimakkaassa virrassa.

Tornionjoella kaloja on pyritty erottelemaan myös niiden käyttäytymisen perusteella. Esimerkiksi, jos luotaimen ilmestyä 15 kalan parvi, joista kolme kalaa on 50 cm:n pituisia ja 12 kalaa on 40 cm:n pituisia, on oletettu näiden kaikkien olevan siikoja. Tilastollisesti ongelmallisia tilanteita on kuitenkin vähän. Esimerkiksi vuonna 2019 loppukaudesta tehtiin 1436 kalanmittausta 45–55 cm:n kokoluokkaan, mikä on ainoastaan 2,2 % lohien kokonaislukumäärästä. Alkukaudella suuret, usean merivuoden lohien kanssa samankokoiset meritaimenet tulevat väistämättä lasketuiksi lohiksi, koska taimenen ja lohien uintikäyttäytymisessä ei ole tunnistettu eroja. Samoin, jos kossien kokoisia meritaimenia vaeltaa yhtäaikaisesti tyyppillisen kossivaelluksen aikana, meritaimenet tulevat lasketuiksi lohiksi. Kuitenkin meritaimenten päävaellus joessa tapahtuu toukokuun lopulla-kesäkuussa, jolloin kosseja ei vielä ole joessa, ja meritaimenten kokonaisuus on vain pieni murto-osa lohien kokonaisuudesta (kaikkiin lohiin verrattuna 1 %:n suuruusluokkaa ja kaikkiin kosseihin verrattuna 10 %:n suuruusluokkaa; Palm ym. 2020).

Edellisestä tarkastelusta voidaan päätellä, että vaikka lajintunnistus kaikuluotausaineistoissa ei ole virheetöntä, Tornionjoen olosuhteissa nämä virheet vaikuttavat hyvin vähän lohien kokonaisuusmääräarvioihin. Suhteellisesti selvästi suurempi ongelma on se epävarmuus, mitä kaikuluotauksessa havaituista lohimäärästä voidaan päätellä merestä jokeen nousseiden lohien kokonaisuusmäärästä. Luotausaineistoista on pyritty karkeasti arvioimaan myös meritaimenten kokonaisuusmäärää (Palm ym. 2020). Lohien ylivoimaisesti meritaimenia runsaammasta kokonaisuusmäärästä johtuen suhteellisen pienetkin virheet lajintunnistuksessa siten, että lohia tulee arvioitua meritaimeneksi, vaikuttavat merkittävästi meritaimenten runsausarvioihin.

Haasteita kaikuluotaukseen Tornionjoella tuovat myös joen suuri koko ja alati vaihtuvat olosuhteet. Vaikka Tornionjoen kaikuluotauspaikka on alajuoksun kapeimpia kohtia joesta, vaatii se silti luotauslaitteiston maksimietäisyyksien käyttämistä. Maksimietäisyyksillä kaikulaiteiston resoluutio on huomattavasti heikompaa ja kalojen havaitseminen vaikeutuu. Tämän vuoksi aineistoa kerätään maksimietäisyydellä vain 10 minuuttia jokaisesta tunnista, jonka avulla arvioidaan koko tunnin kalojen määrä. Olosuhteiden vaihtuvuudella tarkoitetaan lähinnä vedenkorkeuden ja virtauksien vaihtuvuutta. Kattilakoskella vedenkorkeuden vaihtelu on vuorokauden aikana yleensä 10–20 cm:n välillä ja suurimmillaan yli puoli metriä. Vedenkorkeuden ja virtauksien muuttuessa päivittäin on myös luotaimet käytävä säätämässä päivittäin sopimaan uusiin olosuhteisiin.

Kaikuluotaukseen selvästi eniten aikaa kuluttava työ on aineiston analysointi. Aineiston analysointiin tuli merkittäviä helpotuksia siirryttäessä uuden sukupolven ARIS-luotaimiin. ARIS-aineiston ”puoliautomaattinen” analysointi nopeutti analysointia ja teki siitä huomattavasti miellyttävämpää aineiston analysoijalle. ARIS-aineiston käsittelyohjelmassa on myös sisäänrakennettu automaattinen kalantunnistusalgoritmi. Valitettavasti automaattinen tunnistus

toimii luotettavasti vain lyhyillä ikkunapituuksilla (10–15 metriä). Pidempiä luotausikkunoita käytettäessä kuvan resoluutio heikkenee, eikä automaattinen tunnistus enää pysty erottelemaan kalojen kaikuja virtauksen aiheuttamista häiriöistä.

Luonnonvarakeskus on yhdessä Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen kanssa kehittämässä automaattista kalantunnistusohjelmaa. Ohjelman on tarkoitus liikkeentunnistusalgoritmien avulla pystyä tunnistamaan ja mittaamaan kalat suoraan kaikuluotausaineistosta. Automaattinen kalantunnistus ja mittaus nopeuttaisi seurantojen toteuttamista, sekä toisi merkittäviä säästöjä työvoimakustannuksiin. Ohjelma on tällä hetkellä kehitysvaiheessa.

Tornionjoen kaikuluotaustutkimuksen päätarkoituksena on tuottaa tarkka arvioi jokeen vuosittain nousevista lohista. Kaikuluotaustutkimus aloitettiin vuonna 2009 DIDSON-luotaimilla ja vuonna 2019 siirryttiin käyttämään ARIS-luotaimia. Kummallakin luotaimella pystytään keräämään käyttökelpoista aineistoa. Kuitenkin ARIS-luotaimissa tehdyt merkittävät parannukset niin laitteistossa kuin myös aineistonkäsittelyssä tekevät siitä huomattavasti paremman vaihtoehdon kaikuluotaustutkimukseen. Kumminkin luotainmallit soveltuvat Tornionjoen vaatimiin pitkiin luotausetäisyyksiin, mutta ainoastaan harvoissa alajuoksun joenkohdissa luotaus on logistisesti mahdollista järjestää siten, että kutakuinkin koko joen poikkileikkaus saadaan katettua luotaimilla. Lisäksi joen suvantovoittoisella alimmalla osalla esiintyy selvästi ylävirtaa runsaammin kalalajeja (vaellussiika, hauki, säyne, made), jotka vaikeuttavat lajintunnistusta ja jotka myös vaeltavat edestakaisin (edellisten lajien lisäksi ei-sukukypsät meritaimenet; Huusko ym. 2020). Näiden ongelmien takia luotaimet on jouduttu sijoittamaan peräti sata kilometriä jokisuulta ylävirtaan ja siten luotauksessa havaittu lohimäärä on aina pienempi kuin merestä jokeen nousut lohimäärä.

## Viitteet

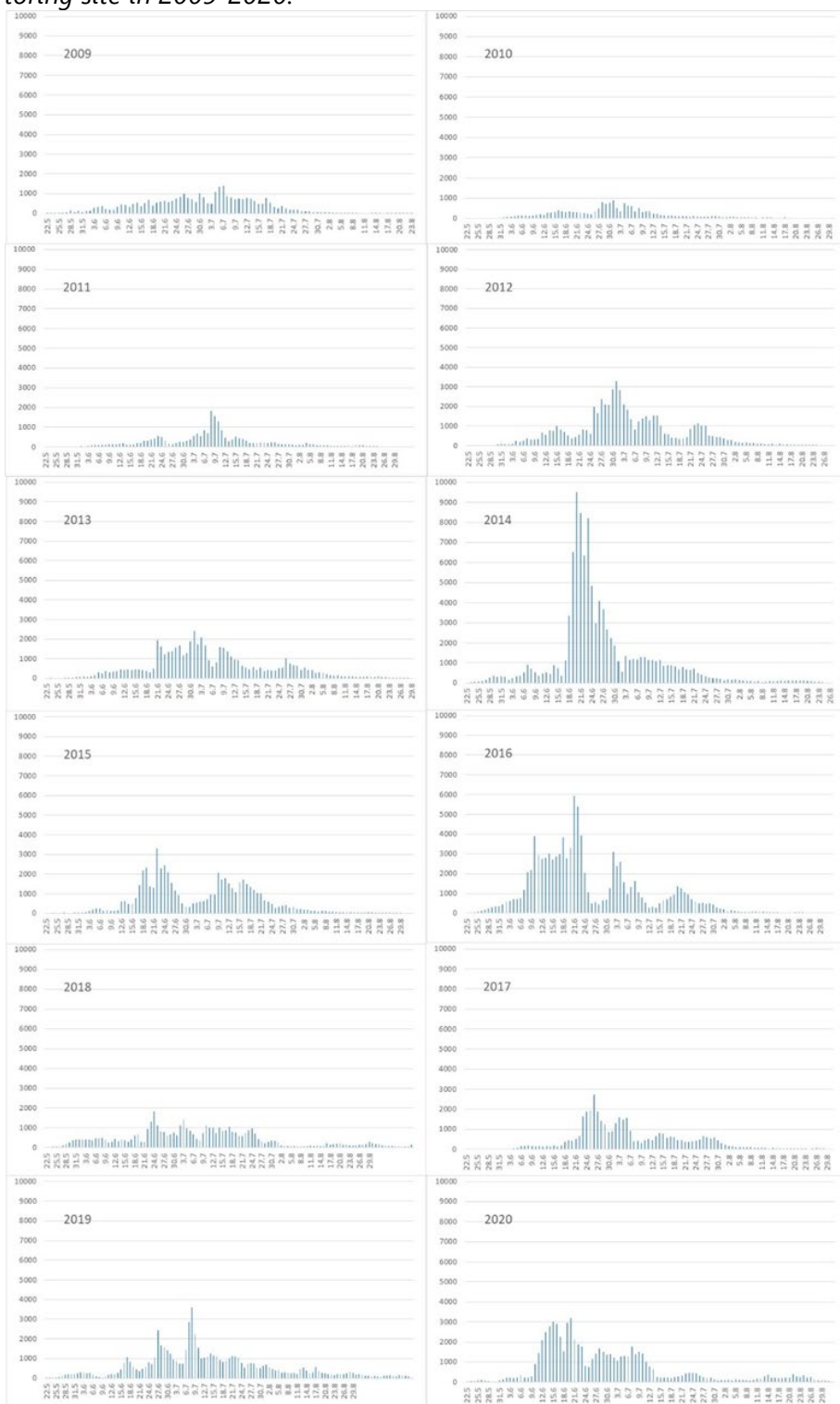
- Burwen, D., Fleischam, S. & Miller, D. 2010. Accuracy and Precision of Salmon Length Estimates Taken from DIDSON Sonar Images. *American Fisheries Society*. 139: 1306–1314.
- Erkinaro, J., Okland, F., Moen, K., Niemelä, E. & Rahiala, M. 1999. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana : the role of environmental factors. *Journal of Fish Biology* 55: 506–516.
- Huusko, R., Jaukkuri, M., Hellström, G., Söderberg, L., Palm, S. & Romakkaniemi, A. 2020. Spawning migration behavior of salmon and sea trout in the Tornionjoki river system : Interim report 2018–2019. *Natural resources and bioeconomy studies* 78/2020. Natural Resources Institute Finland, Helsinki. 29 p.
- ICES. 2012. Report of the Inter-Benchmark Protocol on Baltic Salmon (IBPSalmon). ICES 2012/ACOM: 41. 97 pp.
- ICES. 2020. Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). ICES Scientific Reports. 2: 22. 261 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5974>
- Karlsson, L., & Karlström, Ö. 1994. The Baltic salmon (*Salmo salar* L.) : its history, present situation and future. *Dana*, vol. 10, p. 61–85.
- Lagasse, C.R., Bartel-Sawatzky, M., Nelitz, J.L. & Xie, Y. 2017. Assessment of Adaptive Resolution Imaging Sonar (ARIS) for fish counting and measurements of fish length and swim speed in the lower Fraser River, year two: A final project report to the Southern Boundary Restoration and Enhancement Fund. Pacific Salmon Commission.
- Lilja, J. & Romakkaniemi, A. 2003. Early-season river entry of adult Atlantic salmon: its dependency on environmental factors. *Journal of Fish Biology* 62: 41–50.
- Lilja, J., Romakkaniemi, A., Stridsman, S. & Karlsson, L. 2010. Monitoring of the 2009 salmon spawning run in River Tornionjoki/Torneälven using Dual-frequency IDentification SONar (DIDSON).
- Maxwell, S.L. 2007. Hydroacoustics: Rivers. In: *Salmonids Field Protocols Handbook. Techniques for Assessing Status and Trends in Salmon and Trout Populations* (eds. Johnson, D.H., Shrier, B.M., O’Neal, J.S., Knudzen, J.A., Augerot, X., O’Neil, T.A. & Peasons, T.N.). American Fisheries Society, Bethesda, MD, 133–152.
- Okland, F., Erkinaro, J., Moen, K., Niemelä, E., Fiske, P., McKinley, R.S. & Thorstad, E.B. 2001. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: phases of migratory behaviour. *Journal of Fish Biology* 59: 862–874.
- Palm, S., Romakkaniemi, A., Dannewitz, J., Pakarinen, T., Huusko, R., Jokikokko, E. & Broman, A. 2020. Tornionjoen lohi-, meritaimen- ja vaellussiikakannat – yhteinen ruotsalais-suomalainen biologinen selvitys sopivien kalastussääntöjen arvioimiseksi vuodelle 2020. 49 s. Sveriges lantbruksuniversitet, Luonnonvarakeskus.
- Romakkaniemi, A., Perä, I., Karlsson, L., Jutila, E., Carlsson, U. & Pakarinen, T. 2003. Development of wild Atlantic salmon stocks in the rivers of the northern Baltic Sea in response to management measures. *ICES Journal of Marine Science* 60: 329–342.

Vähä, V., Romakkaniemi, A., Ankkuriniemi, M., Pulkkinen, K., Keinänen, M., Lilja, J. & Leminen, M. 2013. Lohi- ja meritaimenkantojen seuranta Tornionjoen vesistöissä vuosina 2011 ja 2012. Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä 2/2013. 41 s.

# Liitteet

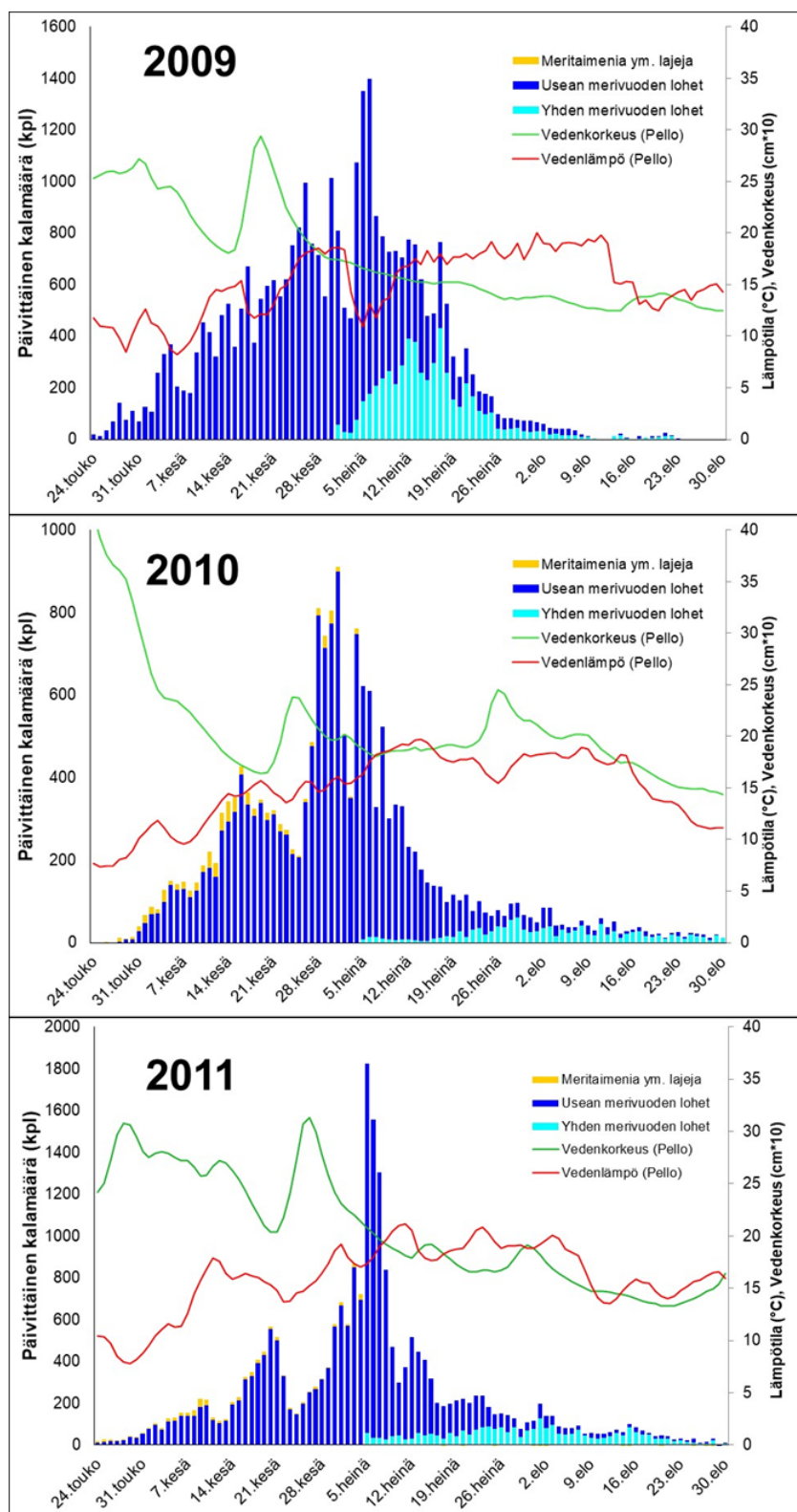
## Liite 1

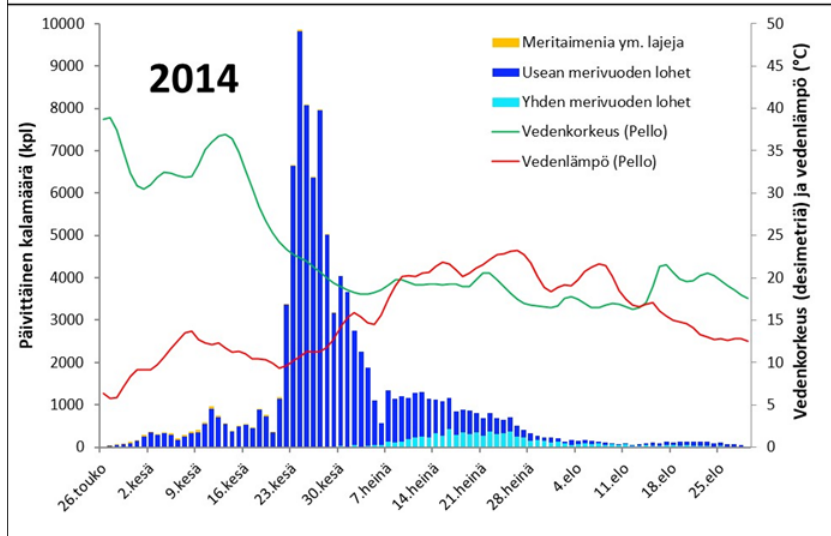
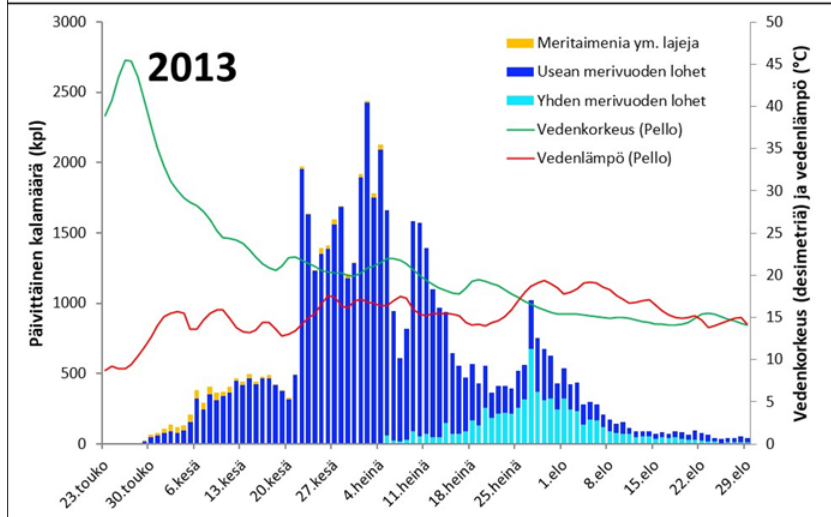
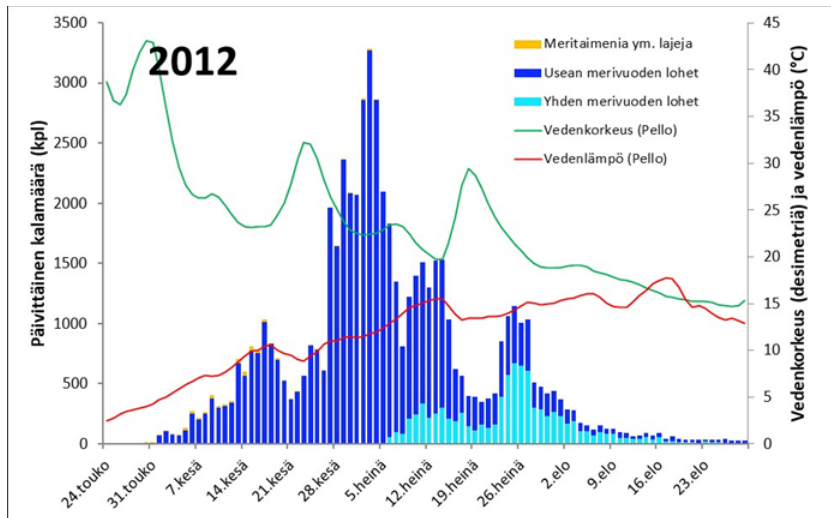
Kaikuluotauseurannalla havaitut päivittäiset nousulohimäärät Tornionjoen Kattilakoskella vuosina 2009–2020. Kaikissa Y-akseleissa on asetettu sama skaala lohimäärien vertailun helpottamiseksi vuosien välillä. *Daily numbers of ascending salmon in the Kattilakoski sonar monitoring site in 2009-2020.*

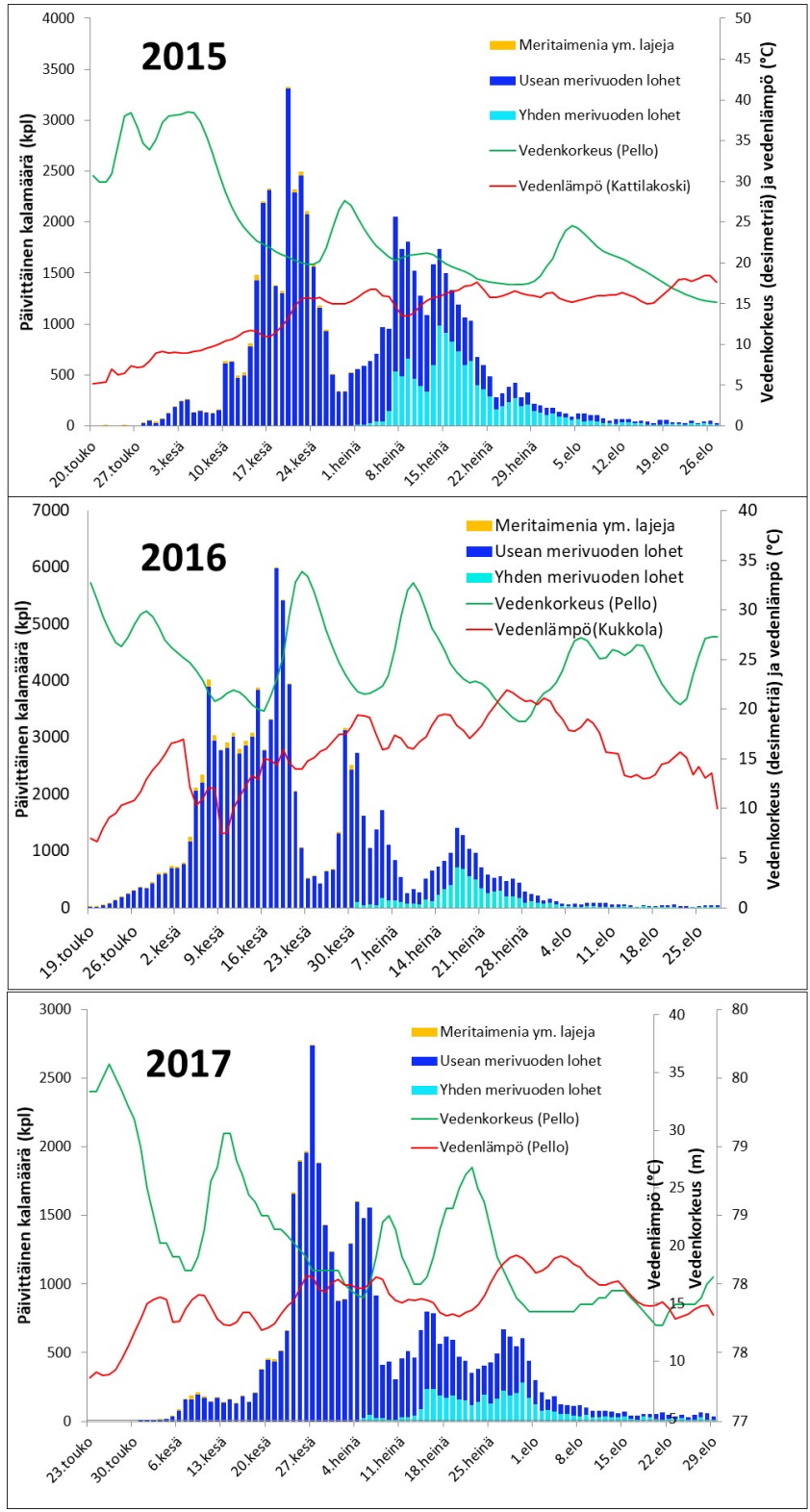


**Liite 2**

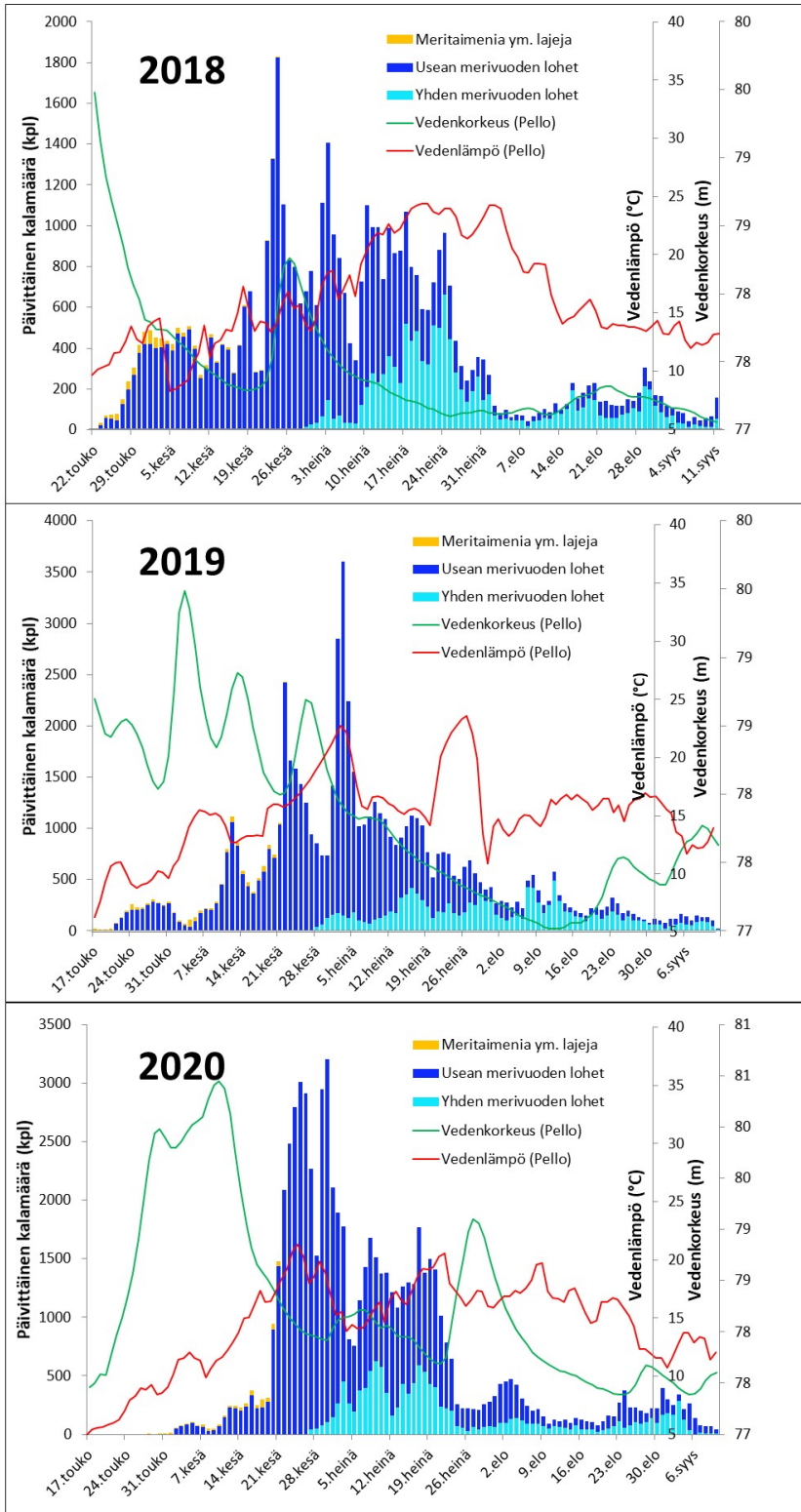
Päivittäiset kalamäärät, vedenkorkeus ja veden lämpötilat Tornionjoella 2009–2020. *Daily numbers of ascending salmon and other species in relation to water levels and water temperature in the River Tornio in 2009–2020.*













luke.fi

Luonnonvarakeskus  
Latokartanonkaari 9  
00790 Helsinki  
puh. 029 532 6000